

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Řešení pracoviště přípravy materiálu pálením

The Workplace Solution of Material Preparation by Thermal Cutting

Student:

Bc. Miroslav Štajer

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Miroslav Štajer**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 10 Technologický management
Téma: Řešení pracoviště přípravy materiálu pálením
The Workplace Solution of Material Preparation by Thermal Cutting

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.
2. Analýza současného stavu z hlediska výrobního sortimentu, stávající technologie, organizace výroby, efektivita výrobního procesu, kvality výroby apod.
3. Vyhodnocení analýzy, identifikace problémů, specifikace požadavků na výrobní proces.
4. Návrhy řešení a jejich komplexní posouzení.
5. Celkové zhodnocení přínosu práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: ÚNMZ, 2011. 40 s.
BASL, J., TŮMA, M., GLASL, V. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: ZÚ v Plzni, 2002. 140 s. ISBN 80-7082-936-2
HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty*. 3. vyd. Brno: CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: Grada Publishing spol. s r.o. 2000. 412 s. ISBN 80-7169-955-1
ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení výroby*. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB – TUO, 2012. 223 s. ISBN 978-80-248-2775-9

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**


Konzultant diplomové práce: Ing. Jiří Kalbáč

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19.5.2014

..... 

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 19.5.2014

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Miroslav Štajer

Adresa trvalého pobytu autora práce:

735 71 , Dětmárovice 318

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ŠTAJER, M. *Řešení pracoviště přípravy materiálu pálením*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 56 s. Vedoucí práce: Šajdlerová, I.

Diplomová práce se zabývá návrhem pracoviště přípravy materiálu tepelným řezáním. Současný proces řezání kyslíkem pomocí strojů Messer je z morálního i fyzického hlediska zastaralý. Po porovnání dostupných metod řezání je navržena optimální metoda pro současnou výrobu podniku. Konkrétní řezací stroj je vybrán z nabídky špičkových výrobců v odvětví pomocí ekonomického a technického srovnání. Přínos nového způsobu řezání je ekonomicky vyčíslen. Výsledkem práce je návrh uživatelsky přívětivého pracoviště, které umožňuje snížení nákladů na přípravu materiálu při současném zvýšení kvality řezu.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ŠTAJER, M. *The Workplace Solution of Material Preparation by Thermal Cutting*. Ostrava: VŠB – TU of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2014, 56 p. Thesis head: Šajdlerová, I.

The diploma thesis deals with a project of a workplace of material preparation by heat cutting. Contemporary process of the oxygen cutting by the help of Messer machines is obsolete from moral and physical point of view. After the comparison of available cutting methods it is designed the optimal method for current production of an enterprise. Concrete cutting machine is chosen from the offer of top producers in the branch by the help of economical and technical comparison. The contribution of the new cutting way is quantified economically. The result of the work is the project of user friendly workplace, which enables to reduce material preparation costs and simultaneously increase quality of a cut.

Obsah

Seznam použitých zkratk	8
Použité zkratky termínů	9
0 Úvod	10
1 Obecná charakteristika řešené problematiky	11
1.1 Tepelné řezání	11
1.1.1 Řezání kyslíkem	11
1.1.2 Řezání plazmové	13
1.1.3 Řezání laserové	15
1.2 Další možnosti řezání materiálu	15
2 Analýza současného stavu	17
2.1 Analýza vstupu materiálu	19
2.2 Analýza stávajícího vybavení	20
2.3 Analýza současného uspořádání pracoviště	21
2.4 Současné personální obsazení	22
2.5 Časová náročnost současného pracovního procesu	22
3 Posouzení současného stavu	25
4 Porovnání dostupných technologií řezání materiálu	26
4.1 Stanovení ukazatelů zlepšení	26
5 Návrh řešení a jejich komplexní posouzení	27
5.1 Návrh dostupných strojních zařízení	33
5.2 Návrh technického zadání požadavků na strojní zařízení	34
5.3 Vícekriteriální výběr stroje	35
5.3.1 Porovnání výkonu stroje	35
5.3.2 Dostupnost a cena spotřebních dílů	39
5.4 Provozní náklady jednotlivých zařízení	41
6 Návrh nové technologie řezání	46
6.1 Posouzení nové technologie řezání	48
6.1.1 Technologický přínos nové technologie	48
6.1.2 Ekonomické ukazatele přínosu nové technologie	49
7 Zhodnocení daného návrhu	52
8 Závěr	53
9 Použité zdroje	54

10 Seznam příloh	56
------------------------	----

Seznam použitých zkratk

Značka	Jednotka	Veličina
v_c	[m/min.]	řezná rychlost
a	[mm]	šířka nože
a_p	[mm]	hloubka úběru
T	[mm]	tloušťka materiálu

Použité zkratky termínů

Zkratka	Celé znění zkratky	Význam zkratky
a.s.	akciová společnost	druh obchod. společnosti
s. r. o.	spol. s ručením omezeným	druh obchod. společnosti
SW	software	programové vybavení
PC	personal computer	osobní počítač
CNC	comp. numerical control	počítačem řízený stroj
CPU	central processing unit	centrální procesor
USB	universal serial bus	sériová sběrnice
TOO	tepelně ovlivněná oblast	tepelně ovlivnění oblast

0 Úvod

Dlouhodobé investování do rozvoje výrobní základny je bezprostředně nutné pro trvalé zvyšování hodnoty podniku a udržení jeho konkurenceschopnosti. V současné době je v rámci podniku Vítkovice Power Engineering a.s. realizováno řezání tlustých plechů pomocí metody řezání kyslíkem. Tato metoda termického dělení se již několik let nevyvíjí, její možnosti jsou omezeny fyzikální podstatou metody.

Tvarové dělení plechů však v posledních deseti letech prodělalo rozvoj především díky rozvoji tvarového řezání plazmou. Řezání plazmovým paprskem o vysoké hustotě přináší novou možnost jak dosáhnout snížení nákladů na řezání materiálu při dodržení požadované kvality řezu, tvarové přesnosti a opakovatelnosti výroby. Tvarové dělení plechů přináší další výhody v podobě možnosti odstranění přidružených operací. Současný proces řezání tlustých plechů neumožňuje řezání úkosů pro přípravu svarových ploch. Příprava svarových ploch je prováděna pomocí třískového obrábění na hoblovce. Pro samotný přesun materiálu k hoblovce je potřeba dodatečně manipulovat s materiálem. Právě výše uvedenou přípravu svarových ploch, která je dnes řešena pomocí dodatečného obrábění je možné díky nové technologii provést v rámci řezání materiálu.

Pro tvarové řezání tlustých plechů je nutné vybrat vhodný plazmový zdroj s příslušným plazmovým hořákem. Z dnešní široké nabídky plazmových zdrojů je potřebné vybrat optimální plazmový zdroj pro námi požadovanou aplikaci. Je tedy sestaveno technické zadání, v němž jsou uvedeny základní požadavky kladené na dané strojní zařízení. Vhodná zařízení jsou následně srovnána dle zvolených kritérií.

Technické možnosti nové technologie řezání jsou porovnány s technologií současnou. Přínos nové technologie v podobě zvýšené rychlosti řezání, možnosti tvarového řezání a dalších výhod, je následně ekonomicky vyčíslen.

1 Obecná charakteristika řešené problematiky

Vyspělost dnešní techniky nabízí široké spektrum možností dělení, případně řezání materiálu. Tepelné řezání materiálu je jedno z vysoce produktivních a zároveň umožňuje vytváření tvarově rozmanitých výpalků z plechů různých tloušťek. Plechy je možné dále dělit pomocí mechanického řezání, případně je plechy menší tloušťky možno stříhat a tvary vysekávat.

1.1 Tepelné řezání

Je metoda, kdy dochází k oddělení části materiálu pomocí tepelného paprsku soustředěného do velmi malé plochy. V případě, že nejsou kladeny nároky na tvar a povrch řezaných ploch se jedná o dělení materiálu. V případě, že jsou kladeny jakostní požadavky na výpalky, jedná se o řezání.

Dle ČSN EN ISO 4063 se jedná o metody řezání kyslíkem, řezání elektrickým obloukem, řezání plazmové a řezání laserové. Příslušné metody jsou dle normy označeny číselně.

- Řezání kyslíkem – 81
- Řezání elektrickým obloukem – 82
- Řezání plazmové – 83
- Řezání laserové – 84

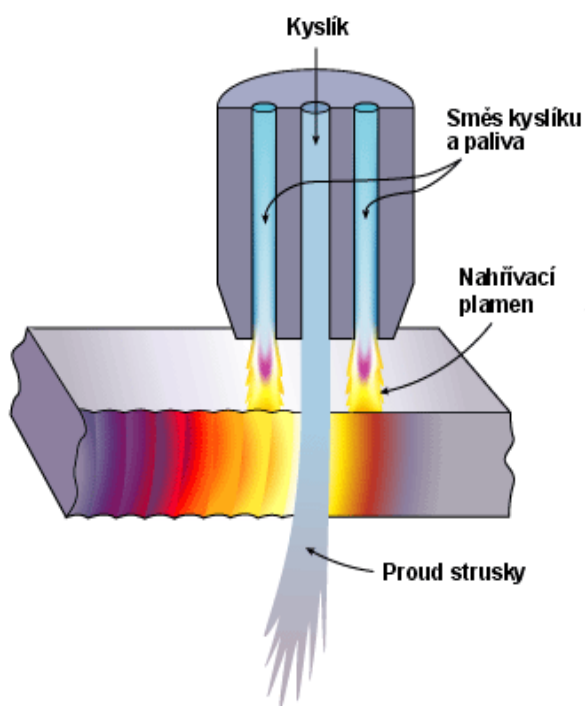
1.1.1 Řezání kyslíkem

Tato metoda pracuje na principu spalování železa v kyslíku. Materiál se v místě řezu přehřeje na zápalnou teplotu a následně je spuštěn proud řezacího kyslíku. Přísun kyslíku v oblasti nad zápalnou teplotou způsobí spalování řezaného kovu. [1]

Aby bylo možné řezat kovové materiály kyslíkem, musí splnit několik podmínek. Jednou ze základních podmínek:

- Zápalná teplota kovu musí být nižší nebo maximálně rovna teplotě tavení materiálu. V případě nedodržení této podmínky nedojde ke spuštění řezného procesu, ale materiál se bude pouze tavit.
- V průběhu řezu nesmí teplota kovu klesnout pod zápalnou teplotu. Tepelné ztráty sáláním vedením a vyzařováním je nutno pokrýt pomocí hořlavého plynu (nejčastěji acetylénu).
- Tavicí teplota oxidů musí být nižší nebo maximálně rovna teplotě řezaného kovu.
- Oxidy musí být dostatečně tekuté, aby neulpívaly v řezné spáře.

Pro řezání kyslíkem se nejčastěji používá kombinace plynů kyslík a acetylen. Z principu funkce metody je zřejmé, že kyslík nelze nahradit jiným plynem. Pro proces se požaduje kyslík o minimální čistotě 99,2 %. Jako nahřívací plyn je možné použít hořlavý plyn s dostatečnou teplotou plamene. Použití plynu s menší teplotou plamene však vede k prodloužení nahřívacích časů před samotným spuštěním řezacího procesu.



Obr. č. 1– Schéma řezání kyslíkem

Ekonomiku metody řezání kyslíkem stanovují především parametry řezání. Parametry řezání jsou stanoveny dle tloušťky a chemického složení daného materiálu a dále dle požadavků, které jsou kladeny na jakost hran řezu. Mezi parametry řezání patří:

- Rychlost řezání (mm/min)
- Tlak řezacího kyslíku (MPa)
- Vzdálenost ústí hubice hořáku od materiálu (mm)

Hodnoty tlaku řezacího kyslíku a vzdálenosti ústí hubice hořáku od materiálu jsou obvykle dány výrobcem řezáku. Z pohledu uživatele je pak nejdůležitější hodnotou rychlost řezání, které je možné dosáhnou při předem stanovených požadavcích na jakost řezu, v případě konstrukční oceli T=20 mm přibližně 500 mm/min.

1.1.2 Řezání plazmové

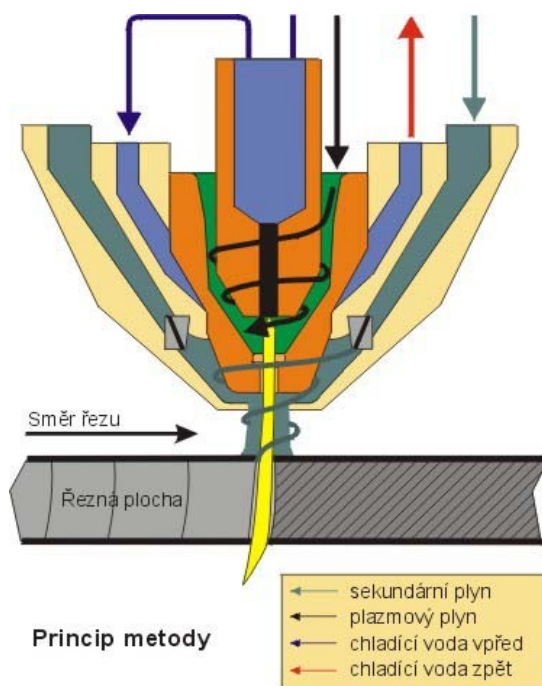
Plyny s teplotou více než několik tisíc °C tvoří čtvrté skupenství hmoty tzv. plazmu. Plazma představuje hmotu s velmi vysokým obsahem energie, tato hmota se určitými vlastnostmi podobá skupenství plynnému, jinými zase skupenství kapalnému.

Plazma se skládá s kladně a záporně nabitých částic v poměru, který umožňuje plynulý tok. V rámci technické praxe se využívá plazma získaná pomocí elektrického výboje v částečně ionizovaném plynu. Tento jev je pozorovatelný jako elektrický oblouk. Pro další využití je nutno elektrický oblouk stabilizovat k čemuž se využívá tvar dýzy plazmového hořáku a proudící plyn. Jako plazmový plyn se využívají jak čisté plyny, tak směsi plynů, které na základě své schopnosti ionizace tvoří oblouk o různých teplotách:

- Dusík 9000 °C
- Vodík 10 000 °C
- Argon 15 000 °C
- Helium 20 000 °C

Ionizovaný plyn o velmi vysoké teplotě, který tvoří plazmu, disponuje velmi vysokou rychlostí úst'ovou rychlostí (1500 – 2500 m/s). Pomocí trysky je koncentrován na velmi malý průměr a taví řezaný materiál. Velmi vysoká teplota plazmy umožňuje řezat veškeré vodivé materiály.

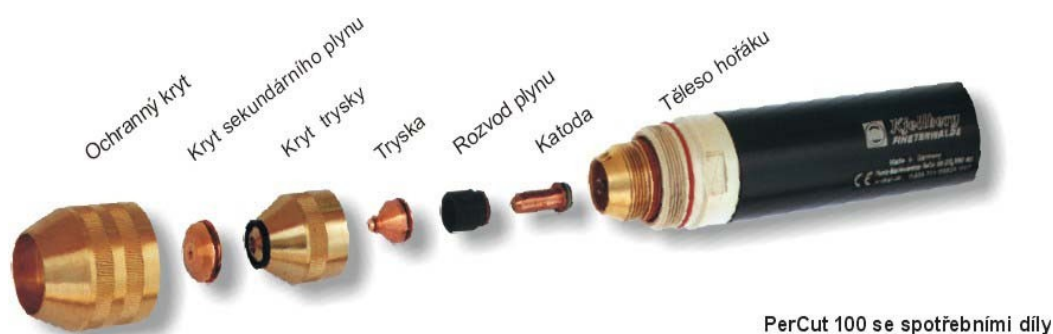
Plazmový hořák, který umožňuje fokusaci plazmového paprsku, přívod pracovních plynů a přívod proudu na elektrodu hořáku prošel do dnešní podoby dlouhým vývojem. V současné době se pro průmyslové aplikace používá převážně hořák moderní konstrukce umožňující velmi vysokou hustotu oblouku. Tyto hořáky využívají vodní chlazení, primární a sekundární plyn.



Obr. č. 2 – Schéma moderního plazmového hořáku

- Primární plyn – přiváděn přímo do oblasti oblouku, je ionizován a tedy nositelem energie (Ar, H₂, N₂, CO₂, vzduch)
- Sekundární plyn – slouží k fokusaci plazmy při výstupu z hořáku (Ar, N₂, Ar+N₂)

Z pohledu obrábění plní hořák funkci řezného nástroje. Veškeré jeho součásti podléhají opotřebení. Zrychlenému opotřebení podléhají spotřební díly hořáku, dýza a elektroda (katoda) . Na obrázku č.5 je znázorněn vodou chlazený hořák firmy Kjellberg Finsterwalde využívající primární a sekundární plyn. [2]



Obr. č. 3 – Jednotlivé díly plazmového hořáku

1.1.3 Řezání laserové

Řezání laserem je možné využít k řezání materiálů, případně k vytvoření vrubu pro následný kontrolovaný lom. Pro řezání tlustých plechů je z hlediska dosahovaného výkonu možné použít jen CO₂ lasery, případně metodu LASOX. Pro plech o tloušťce 20 mm je řezání laserem nevhodné z hlediska velmi vysokým investičních a provozních nákladů.

1.2 Další možnosti řezání materiálu

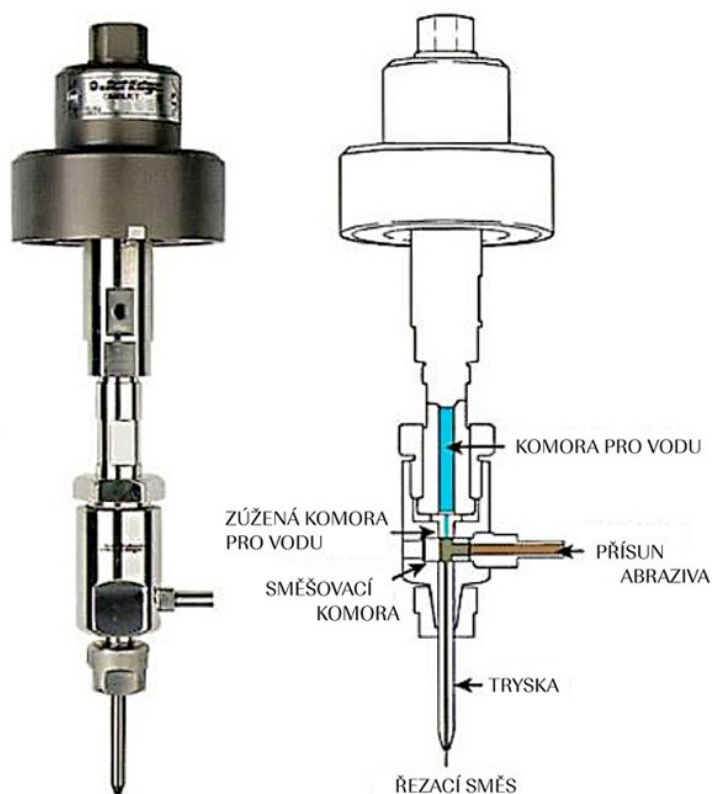
V případě řezání plechů je možné využít řezání vodním paprskem. První zařízení tohoto typu využívaly firmy v oblasti letectví a kosmonautiky již v 80. Tato metoda se však dočkala využití širokým spektrem odvětví.

Metoda dělení vodním paprskem spočívá ve využití kinetické energie vodního paprsku o tlaku 50 – 650 MPa. K vytvoření tohoto tlaku je využito speciálních vysokotlakých čerpadel, samotný vodní paprsek vzniká v trysce řezací hlavy. V případě

potřeby je možné přidat do vodního paprsku abrazivo (hydroabrazivní paprsek). Po provedení řezu je kapalina s případným abrazivem zachycena ve vodní vaně pod řezaným materiálem.

Výhodou této metody je fakt, že dělený materiál není tepelně ovlivněn. Tato skutečnost metodu zcela odlišuje od řezání plazmou, kyslíkem, případně laserem.

Řezná rychlost konstrukčních ocelí se pohybuje v hodnotách 100 – 250 mm/min. Z hlediska provozních nákladů a produktivity tato metoda není vhodná pro zpracování požadovaného množství materiálu. [3]



Obr. č. 4 – Řezací hlava pro řezání vodním paprskem

2 Analýza současného stavu

Vítkovice Machinery Group je možné považovat za největší českou strojírenskou skupinu. Tato skupina s více než 180letou tradicí je českým lídrem ve vybraných oblastech strojírenské výroby. Velké investiční celky jsou exportovány do 101 zemí na světě. Skupina, do níž spadá téměř 60 výrobních a technických jednotek dosáhla v roce 2012 tržby 23 miliard korun, čistý zisk pak dosahoval hodnoty 800 miliónů. Společnost plně využívá rozsáhlou výrobní základnu, moderní stroje a know-how získané vlastním vývojem a dlouholetou praxí. Vítkovice Machinery Group je světovým dodavatelem v oblasti energetiky, mostních konstrukcí, tvarových výkovků, těžkých odlitků, bezešvých ocelových lahví, převodových skříní a ozubení, hasící techniky a informačních systémů.

Díky správně zvolené strategii skupina překonala i celosvětovou ekonomickou krizi. Období krize bylo využito k investicím a přípravě rozsáhlých projektů. Investice do moderních výrobních technologií společnosti otevřely cestu k novým odvětvím. Menší, ale přesně mířené investice byly využity k podpoře produktivních činností, díky kterým se vylepšila logistika, zkrátily jak výrobní, tak manipulační časy a další operace. Vstup na nové trhy přinesl nové afilace.

Skupina Vítkovice Machinery Group rovněž vede odpovědný přístup při společenských aktivitách, navazuje na tradice společnosti Vítkovice, jenž patří k městu Ostrava a celému regionu. Již od roku 1828 Jsou Vítkovice spjaty s tisíci obyvateli Ostravy a okolí. Odpovědnost, kterou za tyto lidi cítí, se projevuje zaváděním pozitivního přístupu, praktik a programů do strategie společnosti. Dlouhodobě je podporováno vzdělání, péče o životní prostředí, zaměstnance i jejich rodiny. V rámci společenských aktivit se utváří řada sportovních a kulturních projektů. Jedním z výrazných programů je podpora sdružení Dolní oblast Vítkovice, které se stará především o využití dolnovítkovického areálu poblíž centra Ostravy, Dolu Hlubinná a hornického muzea Landek. Autorem těchto projektů je sám generální ředitel Vítkovice a.s. Ing. Jan Světlík. [4]

Vítkovice Power Engineering a.s. je členem strojírenské skupiny Vítkovice Machinery Group. Výrobní program společnosti představuje výroba podkritických kotlů, jejich montáž, záruční i pozáruční servis, výroba netlakových i tlakových částí pro nadkritické kotle, jaderná energetika, zařízení pro úpravu surovin, těžké a lehké ocelové konstrukce. V současné době společnost zaměstnává téměř 1900 zaměstnanců.

Přibližně 50% procent z celkového objemu produkce je exportováno na zahraniční trhy. Jedná se hlavně o trhy Slovenska, Ruska, Turecka a zemí Evropské unie. Z pohledu kusových zakázek je možné mluvit o trzích celého světa. [5]

Společnost Vítkovice Power Engineering a.s. se dále dělí na samostatné podnikatelské jednotky, jež jsou specializovány dle jednotlivých odvětví. Samotný výrobní program se pak dělí následovně:

- Energetika
- Zařízení pro chemii, petrochemii a jadernou energetiku
- Úpravny surovin
- Ekoengineering
- Ocelové konstrukce

Výrobní střediska společnosti:

Ostrava

- Energetické strojírenství
 - Tlakové a netlakové části kotlů
 - Díly vodních elektráren
 - Petrochemická zařízení
- Smaltované nádrže
 - Čistírny odpadních vod, sila, zásobníky a nádrže
- Linka membránových stěn
 - Membránové stěny pro energetická zařízení

- Ocelové konstrukce
 - Mosty pro silniční a železniční dopravu
 - Objekty hal
 - Konstrukce pro těžební a dopravní stroje
 - Jeřáby
 - Výškové stavby
 - Technologické konstrukce

2.1 Analýza vstupu materiálu

Při výrobě konstrukcí je nejpoužívanějším materiálem ocel, která má mezi konstrukčními materiály nejvšestrannější využití. Dle své jakostní škály přináší požadované užitečné vlastnosti s obrovským potenciálem vývoje a výroby konstrukcí, rozvoje technologií a komerčního využití. V neposlední řadě je taky možno zdůraznit recyklovatelnost konstrukcí.

Rozvoj ocelových konstrukcí a rozvoj trhu s ocelovými konstrukcemi přináší v konstrukcích stále vyšší rozmanitost jednotlivých dílců se snižující se hmotností. Tento trend sebou přináší zvýšenou pracnost přípravy jednotlivých dílů.

Současná výroba ocelových konstrukcí využívá ze 70% výpalky a z 30% standardizované profily. V případě ocelových konstrukcí vyráběných ve výrobním středisku Ostrava se jedná především o výpalky z tlustých plechů. Vstupním polotovarem jsou tlusté za tepla válcované plechy dle ČSN EN 10 029 o maximálních rozměrech až 4,5x24m. [6]

Pro následnou analýzu nákladů řezání plechů jednotlivými metodami, je nutno vybrat materiál, který slouží jako zástupce většiny zpracovávaného materiálu. V tomto případě by bylo vhodné využít Paretova pravidla. Pravidlo italského ekonoma Vilfreda Pareta po němž je také pojmenováno pracuje s předpokladem, že malá skupina polotovarů tvoří většinu zpracovávaného materiálu. Objem zpracování jednotlivých plechů o konkrétní tloušťce je však interním materiálem firmy, proto není možno tuto analýzu učinit.

Z dostupných informací je známo, že hlavním představitelem je plech konstrukční oceli S235 tloušťky 20mm. Pro vyčíslení nákladů na zpracování bude tedy pohlíženo z pohledu zpracování tohoto konkrétního plechu. Zpracovávaný objem cca 6000 t/rok.

2.2 Analýza stávajícího vybavení

Současný proces řezání plechu je realizován pomocí čtyř pracovišť využívajících pálicí stroje Messer. Tyto stroje využívají metodu autogenního řezání.

Podstata řezu touto metodou je využití spalování železa pomocí kyslíku. Řezaný materiál se lokálně přehřeje pomocí zemního plynu na teplotu přibližně 1100°C. Po dosažení této teploty je spuštěn proud řezacího kyslíku. Přísun kyslíku za této teploty způsobí spalování řezaného kovu. Spalováním řezaného kovu vzniká řezná spára, nežádoucí zbytky nespáleného kovu a strusky jsou vyfukovány spodní stranou řezné spáry.

Zadání pálicího plánu probíhá manuálně u jednotlivých pálicích strojů, neboť stroje neumožňují podporu konstrukčního programu TEKLA a programování v ISO-kódech.

Manipulace s plechy je prováděna pomocí magnetického zvedacího zařízení tzv. elektromagnetického ramene. Toto rameno využívá několik úchopových bodů pracujících na principu elektromagnetu, jež zajišťují bezpečné uchopení a bezproblémovou manipulaci s materiálem. Samotné rameno je zavěšeno na mostový jeřáb a v případě potřeby je možné rameno odejmout.

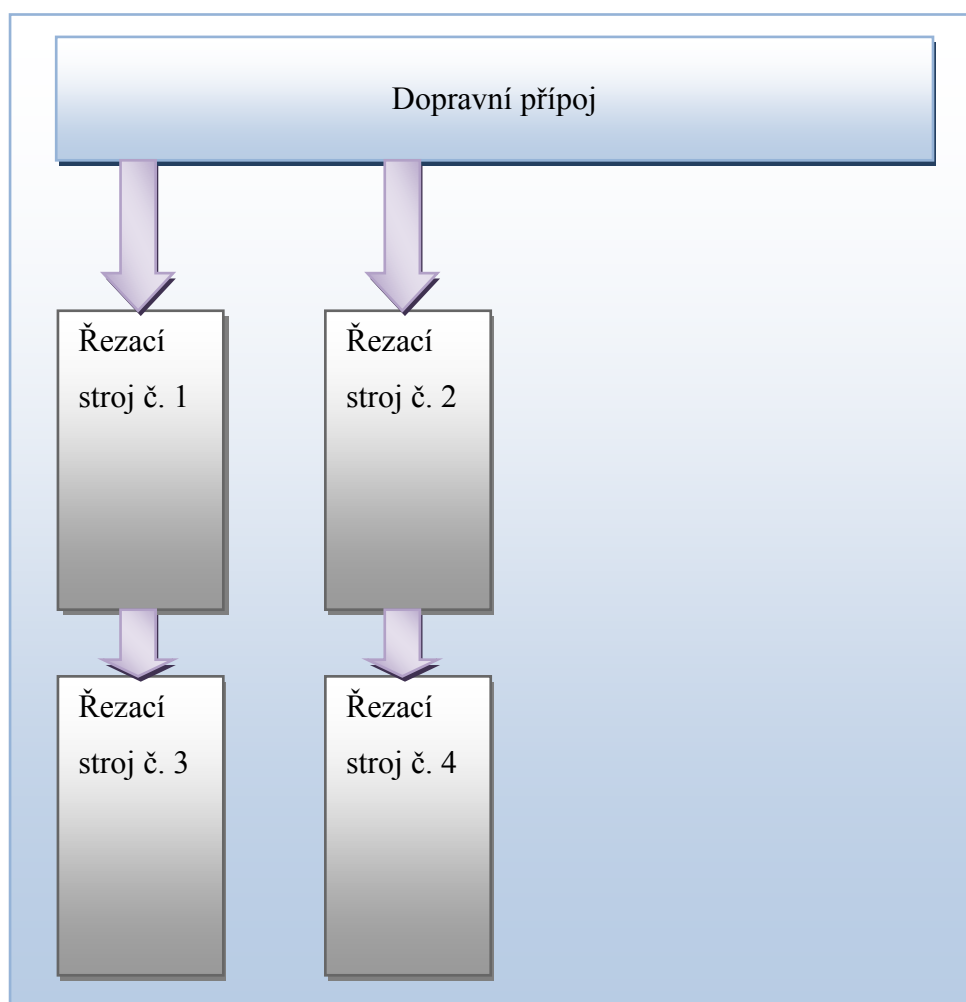


Obr. č. 5 – manipulace pomocí magnetického ramene

2.3 Analýza současného uspořádání pracoviště

Současné pracoviště pálení materiálu tvoří dvě dvojice pálicích strojů vedle sebe, celkem tedy čtyři pálicí stroje. Z pohledu materiálového toku je možné říci, že je tento tok přímočarý. Jistou nevýhodou je nutnost manipulace s materiálem nad stroji č. 1 a č. 2 v případě zásobení strojů č. 3 a č. 4.

Doprava materiálu je možná pomocí železniční či nákladní automobilové dopravy. Meziprostor před pálicími stroji slouží jako dočasný sklad zpracovávaných plechů.



Obr. č. 6 – Grafické znázornění toku materiálu

2.4 Současné personální obsazení

Každý z pálicích stojů v nynějším provozu vyžaduje svojí obsluhu. K zajištění manipulace s plechy k řezacím strojům a k hoblovce HHP 12 (celkem dvě hoblovky) je využito dvou jeřábníků. Obsluhu hoblovek tvoří dvojice hoblířů. Dále je využito práce jednoho rýsovače.

Každý z pracovníků, jenž obsluhuje řezací stroj musí být zaškolen a seznámen s obsluhou stroje dle ČSN 05 0705 (zaškolení pracovníků a základní kurzy svářečů) a dále dle ČSN 05 0610 (bezpečnostní pokyny pro plamenové svařování kovů a řezání kovů), musí být vlastníkem platného průkazu pro danou metodu. Dále musí být pracovník zaškolen a poučen dle vyhlášky č. 50/1978 Sb.

2.5 Časová náročnost současného pracovního procesu

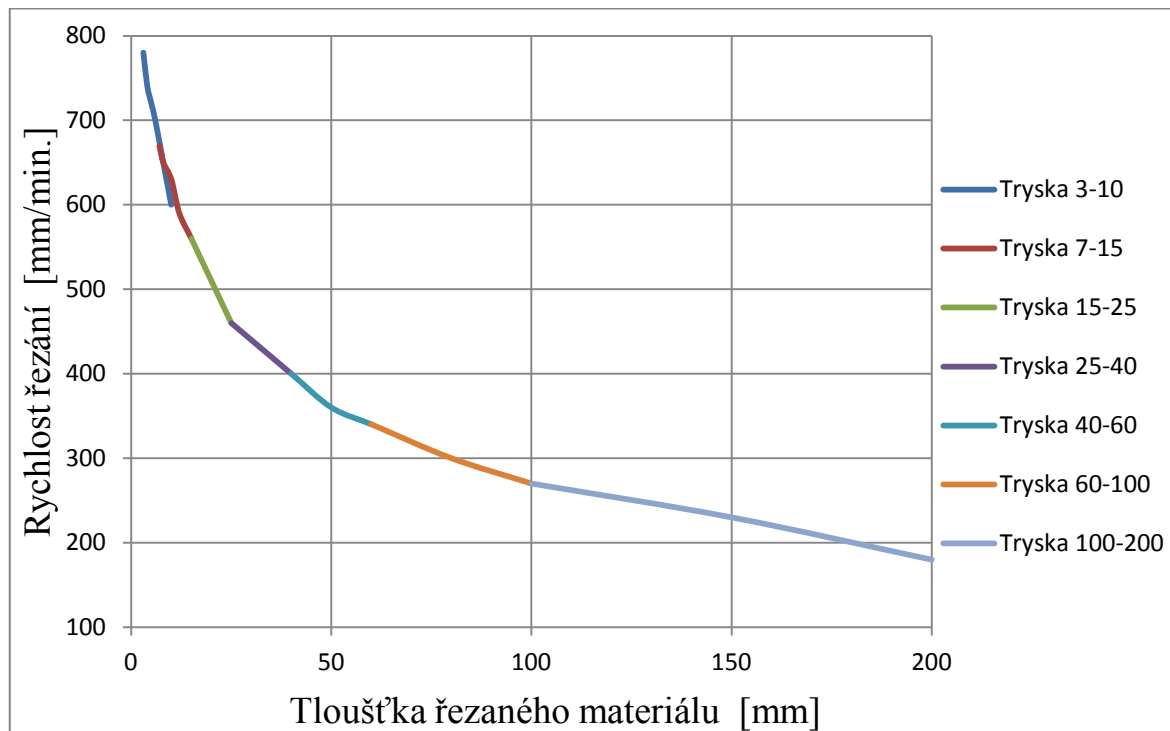
Časová náročnost řezání materiálu je dána technickými možnostmi daného řezacího zařízení. V případě řezacího stroje Messer se jedná o maximální přípustnou rychlost řezu při splnění požadavků na kvalitu řezu dle ČSN EN 9013, čas tvořený nahříváním materiálu před spuštěním řezání a časem propalu materiálu.

Jednotlivé časové náročnosti jsou zachyceny v tabulce č. 1. V případě propalu znamená hodnota 0 zanedbatelný časový úsek. [7]

Tabulka č. 1 – časová náročnost řezání na stroji Messer

Tl. materiálu [mm]	Řez. tryska [-]	Rychlost řezání [mm/min.]	Čas nahřívání [s]	Čas propalu [s]
3	3-10	780	12	0
4		740		
5		720		
6		700		
8		650		
10		600		
7	7-15	670	15	0,5
8		650		
10		630		
12		590		
15	15-25	560	20	1
15		560		
20		510		
25	25-40	460	20	2
25		460		
30		440		
35		420		
40	40-60	400	35	2
40		400		
50		360		
60	60-100	340	35	2
60		340		
80		300		
100		270		
100	100-200	270	35	2
150		230		
200		180		

V případě výrazné změny tloušťky řezaného materiálu je nutné provést výměnu řezací trysky. Maximální řezné rychlosti a rozsah jednotlivých trysek je znázorněn v grafu č. 1.



Graf č.1 – Rychlost řezání stroje Messer

Pro plech S 235 tloušťky 20 mm činí řezná rychlost 510 mm/min, samotnému spuštění řezu předchází nahřívání materiálu o délce 15 s. V případě, že se nejedná o řezání od hrany plechu je nutné připočíst čas propalu 0,5 s.

V případě potřeby je prováděna následná úprava hran plechu, převážně jde o úpravu za účelem přípravy svarové hrany. K obrábění hrany slouží hoblovka na hrany plechů HHP 12. Obráběný plech je transportován z řezacího stroje Messer na příčné podpěry této hoblovky a pomocí válečků uložených v podpěrách ustanoven do pracovní polohy. Upnutí je provedeno pomocí ručních upínaců a následně hydraulických upínacích válců. Hoblovací support projíždí po vodících plochách lože pomocí pastorku zabírajícího o ozubený hřeben. Na supportu jsou umístěny dva nožové držáky, které se dají v případě potřeby naklopit. Tryska se postupně odebírá pomocí těchto nožů při střídavém pohybu

vpravo/vlevo, změna je provedena pomocí reverzace elektromotoru. Přísuv nožů do řezu je možné zvolit ručně, případně automaticky. Při změně směru obrábění se nože posunou automaticky o hodnotu nastaveného úběru materiálu. [8]

Hodnoty obrábění: řezná rychlost $v_c = 12 \text{ m/min}$
šířka nože $a = 8 \text{ mm}$
hloubka úběru $a_p = 1,2 \text{ mm}$

3 Posouzení současného stavu

Současný proces přípravy materiálu řezáním je z pohledu layoutu velmi dobře zařízen. Potřebná manipulace plechů k řezacímu stroji je minimální možnou vzdáleností.

Samotný problém přípravy materiálu spočívá v řezacím stroji Messer, tento stroj je morálně i fyzicky zastaralý. Řezná rychlost pro typického představitele zpracovávaného plechu S 235 tloušťky 20 mm činí pouze 510 mm/min. Stroj neumožňuje pálení úkosů, případně rotaci pálicí hlavy. Následkem tohoto deficitu je potřeba využití dalšího stroje, kterým je hoblovka HPP 12, na níž jsou hrany plechu dle potřeby opracovány. Manipulace materiálu k hoblovce je náročná a samotné opracování hran konvenční metodou třískového obrábění zdlouhavé. Celkově je pomocí této hoblovky zpracována jedna třetina řezaných komponentů konstrukcí.

Z pohledu uživatele je nyní standardem součinnost stroje s konstrukčními programy a následná jednoduchá obsluha, kterou řezací stroj Messer neumožňuje. Současný řezací stroj také nedisponuje odsávací a filtrační jednotkou pro odtažení zplodin vznikajících při řezání.

4 Porovnání dostupných technologií řezání materiálu

Princip jednotlivých metod je popsán v obecné charakteristice dané problematiky. Pro jednoduché srovnání výhod a nevýhod dvou nejběžnějších technologií řezání materiálu je vhodné sestavit tabulku se stručným přehledem.

Tabulka č. 2 – stručné srovnání metod řezání

	Řezání kyslíkem	Řezání plazmou
Kvalita řezu	- Dobrá kvalita -Velká TOO -Možné ulpívání strusky na spodní straně řezné hrany -Neefektivní, případně nemožné řezání hliníku a nerezavějících ocelí	-Malá TOO -Převážně bez strusky na spodní hraně -Vynikající drobné řezy
Produktivita	-Malá rychlost řezu -Dlouhé časy předehřevu	-Velká rychlost řezu -Minimální časy propalu
Provozní náklady	-Malá produktivita spojená s případnou dodatečnou úpravou hran -Celkově vyšší náklady	-Malé náklady na spotřební díly -Hrany řezu bez nutné dodatečné úpravy
Údržba	-Jednoduchá údržba	-Jednoduchá údržba mechanické části

4.1 Stanovení ukazatelů zlepšení

Výsledkem technologické inovace a reorganizace pracoviště řezání tlustých plechů je vyšší produktivita. Právě vyšší produktivita může vést ke snížení nákladů.

Inovace vyžaduje změnu technologie a s ní spojené investice, které se rentují v ušetřených nákladech. Náklady na řezání plechů tvoří značnou část ceny výsledného výrobku, proto je důležité určení faktorů, které tuto cenu nejvíce ovlivňují. Základním

kritériem je určení nákladových položek vztahujících se k řezání plechů. Po následném určení nákladů je možné zhodnotit, zda bude řezání pomocí jiné metody vykazovat snížení nákladů.

Minimální náklady na řezání budou vyjádřeny dle konkrétních potřeb podniku nikoliv dle orientačních údajů výrobce řezacích strojů.

Vstupy sloužící k optimalizaci řezání tlustých plechů:

- Vstupy ekonomické – zahrnují nákladové položky, které se vztahují k nákladům na provoz stroje např. spotřeba technických plynů, spotřební díly hořáku. Dále položky týkající se nákladů na lidské zdroje.
- Vstupy technické – pevně dané vlastnosti jako je omezení stroje
- Vstupy časové – stanovení kapacity pracoviště

Veškeré vstupy je nutno propojit, bez propojení není možné zjistit nejmenší možné náklady na řezání.

Minimální náklady na řezání jsou stanoveny pomocí klíčových ekonomických vstupů, pod kterými se skrývá spotřeba technických plynů, elektrické energie, spotřebních dílů hořáků a osobní náklady operátora stroje. Z celkového pohledu na pracoviště jsou zde ještě další náklady spojené s využívanou plochou , náklady na PC a SW.

Ke konkrétnímu ukazateli zlepšení a to změny rychlosti řezu a změny nákladů na řez je zde přístupováno z pohledu minimálních nákladů na řez a z pohledu maximální výrobnosti (maximální možné rychlosti řezu).

5 Návrh řešení a jejich komplexní posouzení

Letité řezací stroje Messer jsou provozovány v náročném vícesměnném provozu. Plechové výpalky tvoří základ výroby, z tohoto důvodu jsou na řezací zařízení kladeny maximální požadavky, co se týče kvality a spolehlivosti. Současné opotřebení stroje

Messer, které je způsobeno dlouholetým provozem negativně ovlivňuje kvalitu řezu. Opotřebením dále snižuje spolehlivost stroje, v případě nutné opravy jsou náhradní díly špatně dostupné, což může způsobit dlouhodobou odstávku stroje, omezení, v krajním případě až zastavení výroby.

Výsledným návrhem by mělo být řešení zajišťující výpalky požadované kvality při nejnižších možných nákladech. Zároveň musí jít o zařízení uživatelsky přívětivé s bezproblémovým provozem, dobrou dostupností náhradních dílů a autorizovaného servisu.

Návrh řešení č. 1 – přestavba současných řezacích strojů Messer, nahrazení kyslíkového hořáku hořákem plazmovým.

V případě přestavby řezacího stroje Messer vyrobeného v průběhu devadesátých let je nezbytné provést změnu řídicího systému. Současný řídicí systém Omnicom tvoří CNC jednotka a ovládací PC. Řídicí jednotka ovládání posuvu řezacího hořáku komunikuje s PC prostřednictvím speciálního komunikačního rozhraní, jež není běžně rozšířené. Základ CNC jednotky tvoří CPU a rozšiřující rozhraní pro komunikaci s jednotlivými pohony a použitým vybavením stroje.

PC využívané k ovládání stroje prostřednictvím uvedeného rozhraní je postaveno na dnes již nepoužívané bázi CPU 386. Této bázi odpovídá i použitý operační systém a to systém pracující pod MS-DOS. Celkově je tato koncepce zastaralá.

Systém ovládání pomocí tlačítek přepínačů, případně pomocí speciální klávesnice je zdrojem častých poruch a odstávek zařízení. Vzhledem k faktu, že se nyní využívají již jiné systémy ovládání, je náhrada těchto komponentů velmi obtížná.

Instalovaná technologie odměřování výšky hořáku nad materiálem je řešena pomocí kapacitního snímání, které je také zdrojem častých problémů. Náročnost oprav vzhledem ke stáří systému a dostupnosti náhradních dílů stále vzrůstá.

Mechanická část posunů stroje je řešena pomocí ozubeného soukolí, kdy pastorek zabírá do ozubeného hřebenu. Toto řešení je z hlediska náročných provozních podmínek velmi výhodné, vzhledem ke svému stáří vykazuje vůle. Použité motory a příslušné regulátory svou přesností a plynulostí chodu již zaostávají za dnešní produkcí. V případě poruchy motoru pohonu je oprava složitá, použitý motor pohonu již není dostupný. Portál stroje téměř nepodléhá opotřebením, jeho lineární vedení vyžaduje zvýšené nároky na údržbu a tím zvýšené náklady na údržbu stroje při současném snížení disponibilního

časového fondu stroje. Lineární vedení je schopno zaručit dobré vedení a minimální vibraci při současných řezacích rychlostech (max. rychlost 780 mm/min při $T=3$ mm).

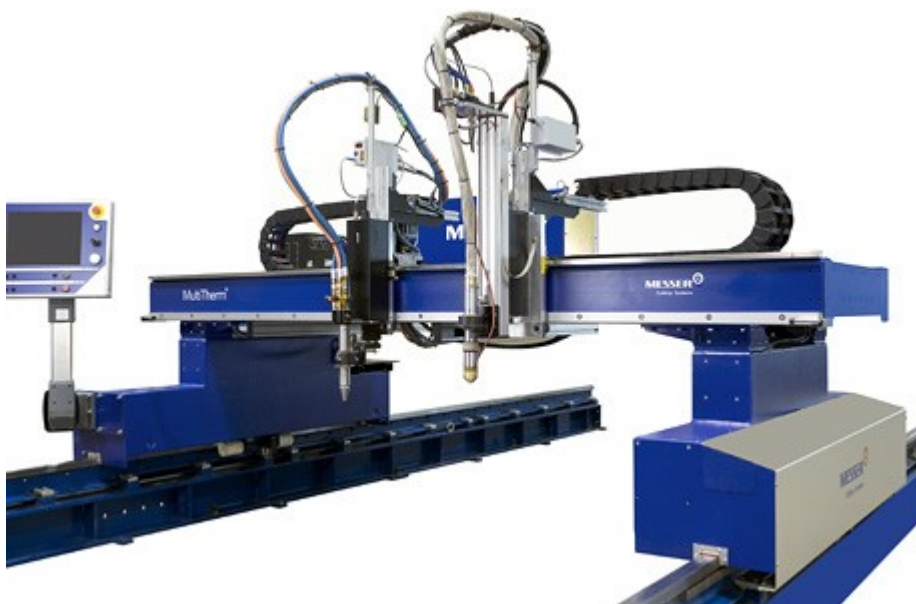
Pro vybavení řezacího stroje Messer plazmovým zdrojem a příslušným hořákem je nutné stroj doplnit o zdroje signálů, jenž dovolují plně využití těchto moderních zařízení. Bez případného zajištění detekce pro zajištění snížení velikosti řezacího proudu u řezání rohů, detekce pro snížení rychlosti při výjezdu z řezu materiálu není možné zajistit řezací proces požadované kvality. Absence signálů taktéž zvyšuje opotřebení spotřebních dílů. Využití současného nespolehlivého hlídání výšky hořáku je pro využití plazmového hořáku nepřijatelné. Bez správně nastavené výšky hořáku a hlídání sestupu při propalech dochází k negativnímu ovlivnění životnosti spotřebních dílů.

Řezací stroj Messer tedy nedisponuje řídicím systémem, ani soustavou odměřování výšky pro plné využití moderních plazmových zdrojů. Relativně dobrý mechanický stav stroje degraduje nedostupnost náhradních dílů a s tím spojené problémy při případné poruše na zařízení. Případná výměna řídicího systému je spjata s doplněním odměřování výšky na základě napětí na oblouku a výměnou pohonných jednotek pro osy X, Y, Z. Se soustavou nových pohonů a k nim příslušných ozubených pastorků je nutné vyměnit i ozubený hřeben, se kterým přichází pastorek pohonu do záběru. Celková rekonstrukce stroje po SW a HW stránce sloužící k možnosti plného využití moderních plazmových zdrojů je bezpodmínečně nutná. Zařízení je také nutno doplnit o odsávací a filtrační jednotku pro odtah spalin z místa řezu. I po této nákladné rekonstrukci však není možno zajistit kvalitu řezu pro vyšší řezné rychlosti, neboť je strojní zařízení svou tuhostí uzpůsobeno řezným rychlostem kyslíkového řezání. V případě využití plných rychlostí plazmového řezání je původní rychlost, na niž je stroj konstruován překračována až desetinásobně. Při těchto rychlostech může docházet ke vzniku vibrací na portálu stroje a snížení kvality řezu řezné hrany.

Návrh řešení č. 2 – zakoupení nového řezacího stolu vybaveného jedním portálem, využití plazmového zdroje moderní konstrukce a příslušného řídicího systému dle současných standardů, doplňkové osazení autogenními hořáky.

Vzhledem k hrubým nedostatkům současného řezacího zařízení jak po SW tak i po HW stránce je v tomto řešení navrhnut nákup nového řezacího stolu, plazmového zdroje a odsávacího zařízení.

Jedním z nejprodávanějších řezacích stolů pro tento charakter a objem výroby je zařízení MultiTherm od firmy Messer.



Obr. č. 7 – Řezací stůl Messer MultiTherm

Tyto řezací stoly umožňují použití více hořáků, které jsou umístěny na jednom portálu. Masivní konstrukce portálu společně s výkonnými pohony portálu zajišťuje maximální rychlost posuvu až 35m/min. V případě potřeby je zařízení možno dovybavit doplňkovým příslušenstvím pro vytváření úkosů. Dále je možno využít značení výpalků či možnost přidání vrtací hlavy.

Pro ovládání stolu je vhodné zvolit jeden z moderních řídicích systému předních světových výrobců, jako je již zmiňovaná firma Messer, případně firma Pierce. Tyto programy umožňují plnou kontrolu nad procesem řezání. Obsluha stroje má díky tomuto systému přehled nejen o aktuálním stavu řezání materiálu, ale i o údržbě stroje či případných odstávkách. Dotyková obrazovka sloužící k zobrazování běžících procesů a ovládání stroje je velmi praktická a činí ovládání stroje intuitivním. V případě potřeby zákazníka je možné SW upravit díky jeho programové otevřenosti. [9]

Předpoklady, které má splnit nový řídicí systém:

- Platforma systému běžící pod systémem Windows XP a novějším, schopná řídit procesy v reálném čase. Systém využívající autodiagnostiku, díky níž sleduje pozici hořáku v závislosti na čase. Schopnost provádět vzdálenou diagnostiku.
- Funkce podporující multitasking. Díky této funkci může obsluha zpracovávat více úkolů najednou, např. při probíhajícím řezání připravovat nový řezací proces.
- Systém automatického řízení procesů, který eliminuje chyby operátorů a urychlí přípravu řezání.
- Průmyslové provedení zajišťující odolnost v náročném prostředí. Systém s pasivním chlazením zaručující prachotěsnou zařízení.
- Komunikační rozhraní podporující intuitivní ovládání v průběhu i při přípravě řezání. Grafické vyobrazení eliminující chyby operátora.
- Standardní tvary, které lze vybrat z předpřipravené databáze, kterou lze rozšiřovat dle potřeby.
- Přizpůsobení programu poloze plechu na pálícím stole a s tím spojená úspora času díky zmenšeným nárokům na manipulaci s materiálem.
- Propojení s automatickou plynovou konzolí kyslíkového, případně plazmového řezání. Automatické nastavení tlaků plynů na základě vstupního materiálu a požadavků na řez.
- Komunikace prostřednictvím portů RS 232, USB, Ethernetu a EtherCAT.

Návrh řešení č. 3 – využití kombinovaného řezacího stroje, využití dvou navzájem nezávislých portálů. Jeden z portálů osazen plazmovým hořákem a značícím zařízením. Druhý portál vybaven čtveřicí hořáku pro řezání kyslíkem. Využití řídicího systému nové generace, jenž je popsán v návrhu řešení č. 2.

Odsávací a filtrační jednotka pracující na sekčním principu, kdy je prováděn odtah spalin přímo z místa řezu, což snižuje spotřebu energie potřebnou k filtraci při současném zvýšení účinnosti filtrace.

Využití dvou na sobě nezávislých portálů umožní zpracování dvou na sobě nezávislých operací (za předpokladu, že první operace nevyužívá celou pracovní plochu stolu).

Možnost řezání plechu o tloušťce 0,5-200 mm. V případě jednoho portálu vybaveného pouze plazmovým hořákem, je možné řezat pouze materiál, o tloušťce, jenž nepřekračuje hodnotu uvedenou výrobcem. Tato hodnota obvykle nepokryje tloušťky materiálů nad 100 mm. Pro pálení pásnic je možné současné využití všech hořáků pro řezání kyslíkem. Čtveřice hořáků je tedy schopna vytvořit tři pásnice typické pro následné vytvoření svařence profilu “I”.

Pro samotné řezání kyslíkem je možno využít hořáků ze stávajících řezacích strojů Messer, neboť samotné hořáky splňují současné standardy. Pro metodu řezání kyslíkem, je taktéž možné využít současné rozvody technických plynů.

Návrh řešení č.1

- Přestavba současného řezacího stroje Messer, změna řídicího systému.
- Zakoupení plazmového zdroje a náhrada autogenního hořáku hořákem plazmovým.
- Zakoupení a dovybavení stroje o odsávací a filtrační jednotkou.

Návrh řešení č.2

- Zakoupení nového řezacího stroje, který již pracuje s moderním řídicím systémem.
- Zakoupení plazmového zdroje.
- Zakoupení odsávací a filtrační jednotky.

Návrh řešení č.3

- Zakoupení nového řezacího stroje, který již pracuje s moderním řídicím systémem.
- Zakoupení plazmového zdroje .
- Využití současných hořáků Messer .
- Využití dvou pojízdných portálů, kombinování výhod řezání plazmou a autogenního řezání.

Obr. č. 8 – Stručné shrnutí návrhů řešení

Jako optimální varianta se jeví využití řešení č. 3. Toto řešení počítá s kombinací výhod řezání kyslíkem a plazmou. V případě, že není plně využita plocha řezacího stolu, jenž je dána maximálními rozměry zpracovávaných plechů (24 x 4,5m) je možné zpracovávat současně i více operací.

5.1 Návrh dostupných strojních zařízení

V oblasti plazmových zdrojů je největším světovým výrobcem firma Kjellberg Finsterwalde. Poslední generace řezacích plazmových zdrojů této firmy disponuje technologií Contour Cut a Contur Cut Neo. Contour Cut je technologie pro řezání vnějších či vnitřních obrysů, označení Neo znamená větší rychlosti řezu.

Hlavní konkurencí této firmy je firma Hypertherm, jenž taktéž disponuje vlastním vývojem. Poslední vývojová etapa těchto strojů se pyšní označením HPRXD. Pod tímto označením se skrývá patentovaná technologie pro přesné řezání při minimálních možných nákladech. [10]

Technologie Contour Cut (Contur Cut Neo), případě označení HPRXD přináší následující výhody oproti konkurenčním výrobkům:

- Možnost řezání děr s odchylkou v tol. poli 2-4 dle ČSN EN ISO 9013.
- Vysoká kvalita řezu, minimální úhlové odchylky.
- Vysoká produktivita při nízkých nákladech.
- Standardní nároky na programové vybavení.

Výrobky těchto firem jsou preferovány výrobcem řezacích stolů a výrobcem řídicích systémů k těmto stolům. V případě využití těchto plazmových zdrojů s příslušnými hořáky je možné použít řezací stoly firem Messer, Vanad a Pierce se zárukou, že bude dosaženo odpovídající přesnosti a rychlosti řezu.

Výše uvedení výrobci své zdroje vyrábějí v určených výkonových řadách. Návrh vhodného plazmového zdroje vychází z požadavku řezání konstrukční oceli o tloušťce 20 mm v nepřetržitém provozu. Požadavek řezání pod úhlem musí být vyvážen zvýšeným výkonem plazmového zdroje, neboť v případě vychýlení hořáku z osy kolmé k povrchu plechu dojde k navýšení tloušťky řezu. Pro řezání plechu tloušťky 20 mm pod úhlem 45° činí hodnota řezané tloušťky již 28,3 mm. Pro tyto požadavky je zvolen z katalogu výrobců vhodný plazmový zdroj, následně je vhodnost tohoto zdroje prokonzultována s daným výrobcem.

5.2 Návrh technického zadání požadavků na strojní zařízení

Pro návrh vhodného plazmového zdroje je nutné shrnout veškeré požadavky do přehledu. Takto vytvořený přehled, jenž obsahuje základní body, které je nutno dodržet je možno následně konzultovat se zástupci daných firem. Samotný návrh technického zadání neslouží jako technické zadání, jde pouze o určení vhodných kandidátů k následnému porovnání.

Požadavky na technické parametry stroje:

- Zkosení řezané hrany 0° - 3° .
- Minimální zaoblení horní hrany, povrch řezu bez strusky, hladký povrch řezu.
- Plynulá automatická regulace proudu, 100% zatěžovatel.
- Schopnost pracovat s kabeláží o délce 30m.
- Automatické řízení tlaků plynů.
- Kvalitní řez 0,5 – 30 mm, propal min. 30 mm.
- Primární plyn vzduch, případně kyslík (možnost přechodu na jiný plyn).
- Dělený materiál P (S) 235 (původní třída 10XXX, 11XXX).

Informace vypovídající o stroji musí obsahovat následující doplňující informace:

- Soupis spotřebních dílů s jejich orientačními cenami.
- Tabulka řezných rychlostí (tloušťka materiálu/řezná rychlost a použitý plyn).
- Maximální řezaná tloušťka materiálu.

5.3 Vícekriteriální výběr stroje

Dané požadavky splňují plazmové zdroje Kjellberg Finsterwalde HiFocus 280i Neo a dále plazmové zdroje Hypertherm HPR260XD.

Vhodnost těchto strojů vychází ze srovnání výše uvedených požadavků s tabulkovými hodnotami v prospektech daných strojů. Daný výběr je taktéž potvrzen zástupci daných firem.

Plazmové zdroje s příslušnými hořáky budou následně srovnány dle více parametrů. Bude porovnán výkon stroje, dostupnost a cena spotřebních dílů, vypočteny provozní náklady jednotlivých zařízení.

5.3.1 Porovnání výkonu stroje

Vysoké řezné rychlosti jsou důležité z hlediska minimalizace nákladů pro výrobce a dále z hlediska příznivé ceny pro zákazníka. Dle dostupných informací jsou porovnány maximální rychlosti řezu v materiálu různých tloušťek, maximální možný propal a maximální možná řezaná tloušťka.

Informace o řezné rychlosti v závislosti na tloušťce materiálu jsou výrobci prezentovány pomocí tabulkových hodnot pro jednotlivé tloušťky a přiloženým grafem závislosti řezné rychlosti na tloušťce materiálu.

Tabulkové hodnoty získané z prospektů jsou zpracovány do grafu pomocí programu Microsoft Excel. V případě chybějící tabulkové hodnoty je daná hodnota odečtena z grafu daného prospektu.

Plazmový zdroj Kjellberg Finsterwalde 280i Neo, použitý hořák PerCut 451. Jako řezaný materiál je výrobcem uvedeno Mild Steel – „měkká ocel“ pod toto označení je možno zařadit i referenční materiál S 235. Rychlost řezání u tloušťky 20 mm činí 2100 mm/min. Použitý primární plyn O₂, sekundární plyn vzduch. [11]

Jednotlivé barvy řádků tabulky představují nutnost přestavby (výměny trysky) v případě řezání kyslíkem.

Tab. č. 3 – Rychlosti řezu Kjellberg Finsterwalde 280i Neo

Kjellberg Finsterwalde 280i Neo	
Max. řezný proud [A]	280
Max. možný propal [mm]	40
Max. řez. tloušťka [mm]	70
Tl. materiálu [mm]	Rychlost řezání [mm/min.]
3	6000
4	5370
5	4750
6	4200
8	3700
10	3400
12	3120
15	2800
20	2100
25	1620
30	1200
35	930
40	720
45	540
50	400
60	200
70	150

Oblast využití max. řezacího proudu (280A)

Plazmový zdroj Hypertherm HPR260XD, plazmový hořák neuveden, řezaný materiál „Mild Steel“, primární plyn O₂, sekundární plyn vzduch. Rychlost řezání u tloušťky 20 mm činí 2174 mm/min.

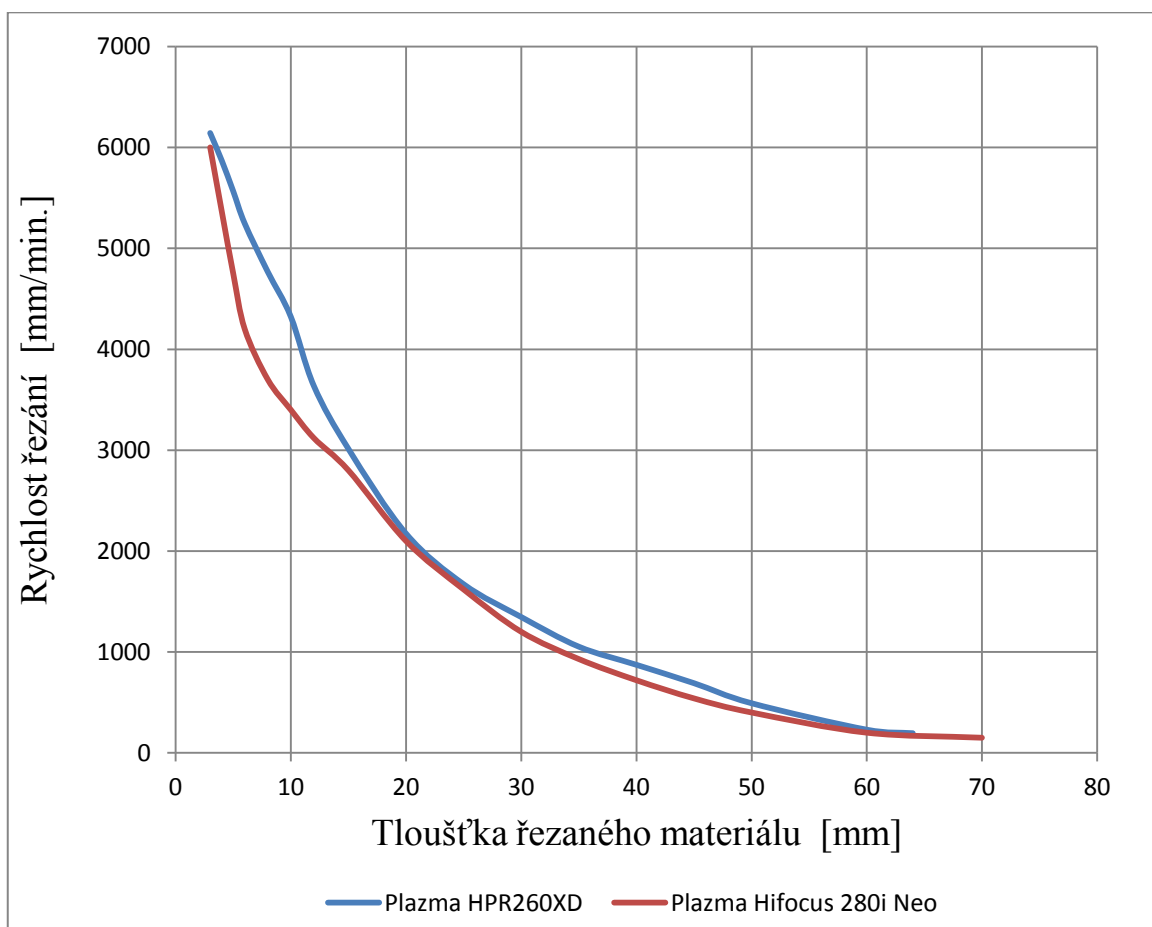
Tab. č. 4 – Rychlosti řezu Hypertherm HPR260XD

Hypertherm HPR260XD	
Max. řezný proud [A]	260
Max. možný propal [mm]	32
Max. řez. tloušťka [mm]	64
Tl. materiálu [mm]	Rychlost řezání [mm/min.]
3	6145
4	5873
5	5568
6	5248
8	4769
10	4324
12	3638
15	3014
20	2174
25	1672
30	1347
35	1053
40	873
45	691
50	492
60	230
64	195

Oblast využití max. řezacího proudu (260A)

Tabulkové srovnání jednotlivých zdrojů vypovídá o tom, že plazmový zdroj Hypertherm HPR260XD dosahuje větší rychlosti řezu. Při příkonu 36 kW dokáže řezat ocel tloušťky 20 mm o 74 mm/min. větší rychlostí (2174 mm/min.). Přitom příkon plazmového zdroje Kjellberg Finsterwalde 280i Neo činí 67 kW.

Výhodou plazmového zdroje Kjellberg Finsterwalde 280i Neo je propal větší o 8 mm a maximální řezná tloušťka materiálu 70 mm, což je o 6 mm více než konkurenční stroj.



Graf č.2 – Srovnání rychlosti řezání plazmových zdrojů

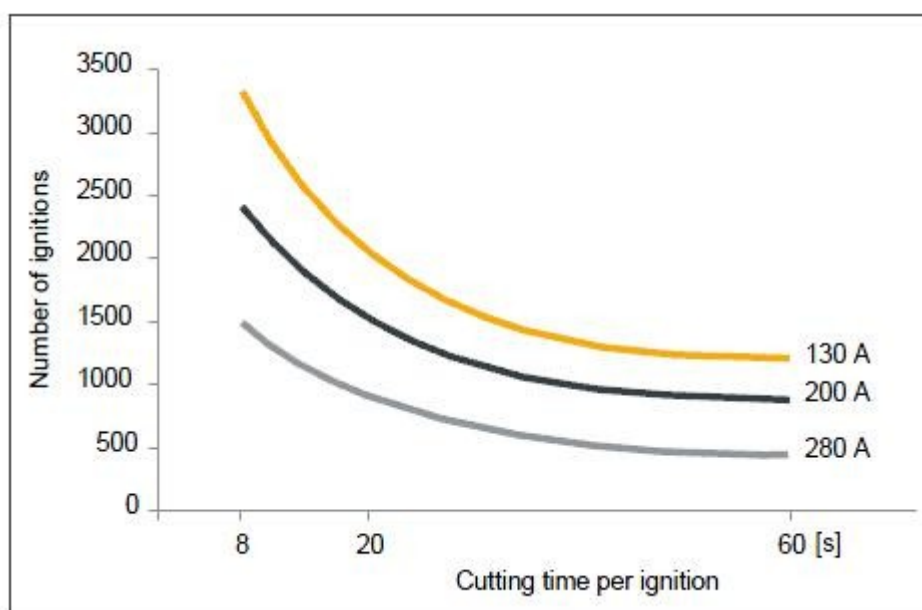
5.3.2 Dostupnost a cena spotřebních dílů

Za spotřební díly se z pohledu řezání plazmou označují díly hořáku, které podléhají zvýšenému opotřebení. Pro dosažení potřebné kvality řezu musí být bezpodmínečně vyměněny po určené době, případně po určeném opotřebení.

Spotřebními díly plazmového hořáku jsou:

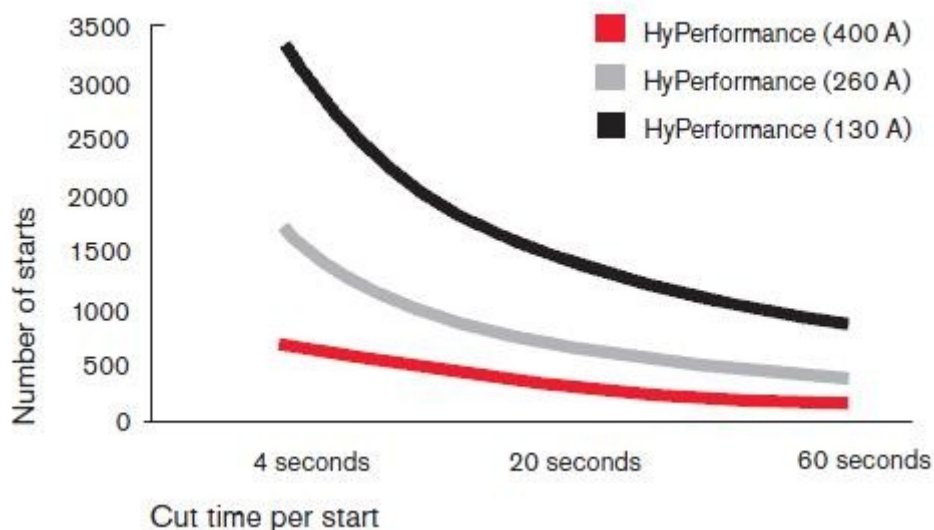
- Elektroda
- Tryska

Životnost těchto dílů je výrobcí udávána v závislosti na počtu jednotlivých zápalů plazmového oblouku a délky hoření plazmového oblouku.[10],[11]



Graf č. 3 – Životnosti spotřebních dílů Kjellberg Finsterwalde 280i
(šedá křivka)

Legenda : Number of ignitions – počet zápalů
 Cutting time per ignition – čas řezu při daném počtu zápalů



Graf č. 4 – Životnosti spotřebních dílů Hypertherm HPR260XD
(šedá křivka)

Legenda : Number of start – počet startů
 Cut time per start – čas řezu při daném počtu startů

Vzhledem k plánované povaze řezání materiálů, kdy převažuje výroba větších dílců vyplývající z celkového rozměru pracovní plochy řezacího stolu a tloušťky materiálu 20 mm je odečtena z grafů č.3 a č.4 hodnota počtu zápalů plazmového oblouku pro délku hoření plazmového oblouku 60 s.

Prostým vynásobením počtů zápalů a délky hoření plazmového oblouku (60s) je možno získat hodnotu celkové životnosti spotřebních dílů plazmového hořáku při maximálním možném výkonu stroje.

Odečtené hodnoty počtu zápalů pro $T_c = 60s$:

- Kjellberg Finsterwalde 280i = 490 [-]
- Hypertherm HPR260XD = 480 [-]

Ceny spotřebních dílů získané dotázaním dodavatelů plazmových zdrojů jsou uvedeny v tabulce č. 5. [12]

Tab. č. 5 – Ceny spotřebních dílů

Název plaz. zdroje	Kjellberg Finsterwalde 280i	Hypertherm HPR260XD
Název dílů	[Kč]	[Kč]
Elektroda	425	327
Tryska	284	240
Cena celkem	709	567

Z tabulky č. 4. vyplývá, že z hlediska ceny spotřebních dílů vychází příznivěji díly hořáku pro plazmový zdroj Hypertherm HPR260XD. Rozdíl v ceně těchto spotřebních dílů činí 142 Kč.

5.4 Provozní náklady jednotlivých zařízení

Pro srovnání výše uvedených plazmových zdrojů je v této části přistoupeno z pohledu provozních nákladů na chod těchto zařízení.

Výsledná cena provozních nákladů bude přepočtena na 1m řezu referenčního materiálu (plech S 235tloušťky 20 mm).

Výsledná cena přepočtena na 1m řezu obsahuje tyto položky:

- Spotřeba technických plynů
- Spotřeba el. energie plazmového zdroje
- Spotřeba spotřebních dílů hořáku
- Mzdové náklady na obsluhu zařízení
- Náklady na el. energii odsávací a filtrační jednotky

Do výsledné ceny přepočtené na 1m řezu nejsou zahrnuty:

- Náklady spojené s tvorbou řezacích plánů
- Náklady spojené s vytápěním a osvětlením haly
- Náklady za případný nájem obalů tech. plynů
- Náklady spojené s případným servisem zařízení

Vstupy, které tvoří výsledné náklady, jsou zpracovány do tabulky č. 6. Uvedená cena plynu (O₂) je pro maloodběratele. V případě využití svazku tlakových lahví či zásobníku technického plynu jsou ceny za plyn mnohem nižší.

Tab. č. 6 – Základní vstupy včetně cen

Vstup	Jednotka	Cena v Kč/jednotka	Poznámka
El. energie	kWh	4	
Kyslík O ₂	m ³	119,54	Láhev s náplní 50kg, cca 10,8 m ³ 1291 Kč
Vzduch	m ³	0,3	Čerpáno z centrálního rozvodu
Spotřební díly hořáku (Kjellberg)	ks	709	Sada elektroda + tryska
Spotřební díly hořáku (Hypertherm)	ks	567	Sada elektroda + tryska
Mzdové náklady	Kč/h	250	

Provozní náklady jednotlivých plazmových zdrojů jsou rozepsány na jednotlivé položky v rámci hodinové spotřeby činnosti plazmových zdrojů. Výsledná částka nákladů na hodinu provozu je vydělena hodinovým výkonem řezu. [13],[14]

Výpočet nákladů na 1m řezu :

$$\text{Náklady na 1m řezu} = \frac{\text{Náklady na hodinu provozu}}{\text{Hodinový výkon řezu}} \quad (1)$$

Tab. č. 7 – Spotřeba vstupů

Položka	Jednotka	Kjellberg Finsterwalde 280i	Hypertherm HPR260XD
Kyslík	[l/min]	85	84
El. energie pl. zdroje	[kW/h]	67	36
El. energie filtrace	[kW/h]	15	15
Vzduch	[l/min]	50	50

Tab. č. 8 – Náklady na 1h provozu

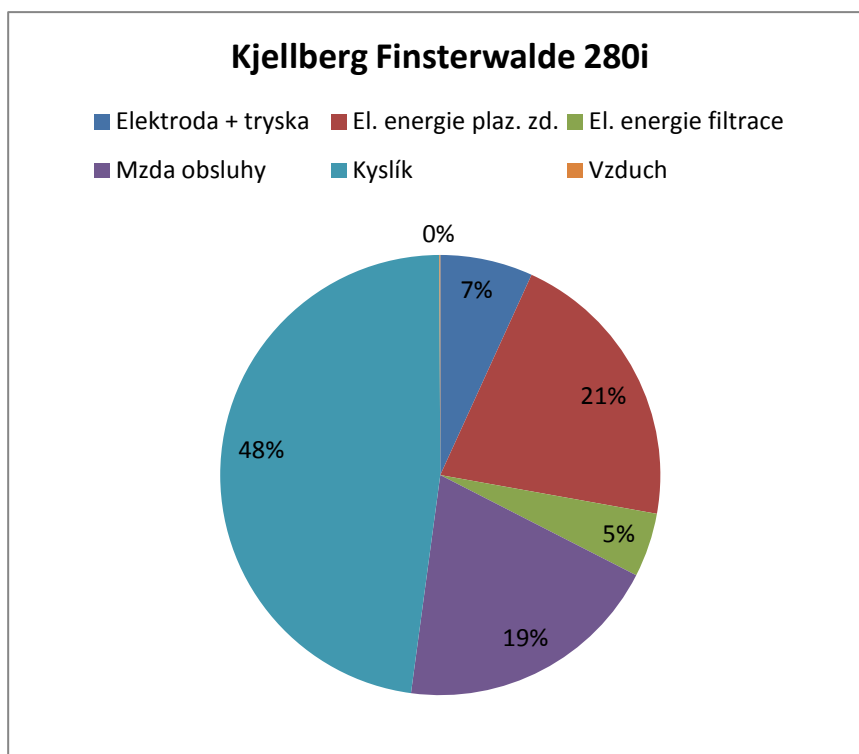
Náklady na 1h provozu [Kč]		
Položka	Kjellberg Finsterwalde 280i	Hypertherm HPR260XD
Elektroda + tryska	86,82	70,88
El. energie plaz. zd.	268,00	144,00
El. energie filtrace	60,00	60,00
Mzdové náklady	250,00	250,00
Kyslík	609,65	602,48
Vzduch	0,90	0,90
Celkem	1275,37	1128,26

Tab. č. 9 – Náklady na 1m řezu, materiál plech S 235tloušťky 20 mm

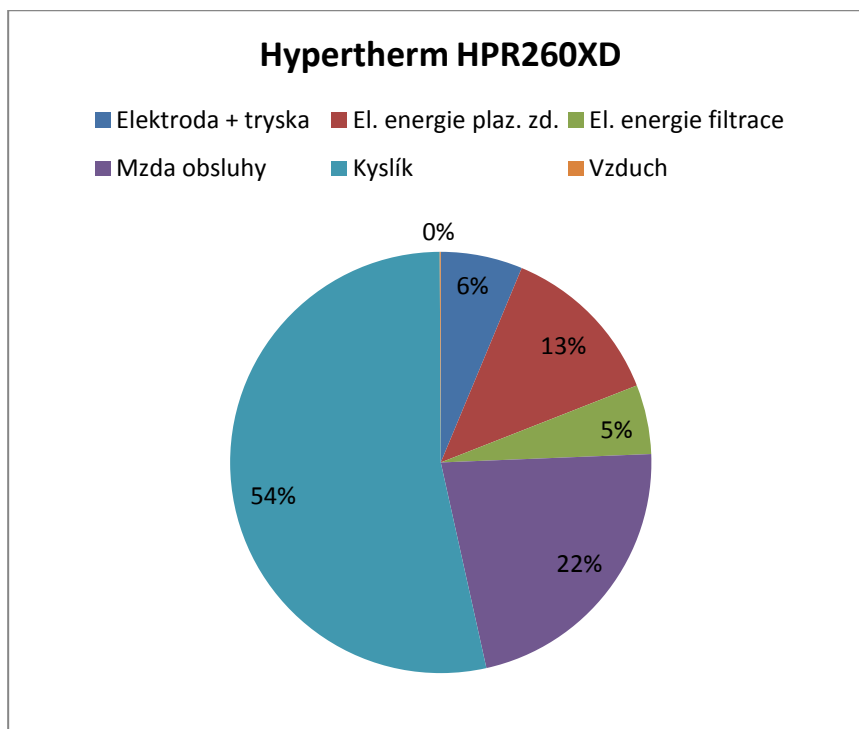
	Kjellberg Finsterwalde 280i	Hypertherm HPR260XD
Hod. výkon stroje [m/hod.]	$(60 \times 2100) / 1000 = 126$	$(60 \times 2174) / 1000 = 130,44$
Nákl. na 1h provozu [Kč]	1275,37	1128,26
Náklady na 1m řezu [Kč]	10,12	8,65

Z pohledu provozních nákladů na jednotlivá zařízení vychází příznivěji využití plazmového zdroje Hypertherm HPR260XD. Jeden metr řezu vychází téměř o 15% levněji než při využití plazmového zdroje Kjellberg Finsterwalde 280i.

Z hlediska kontroly rozložení jednotlivých nákladů je vhodné provést vizualizaci rozložení nákladů. Z grafu je pak možné určit, zda je nutné věnovat některé z položek zvýšenou pozornost. Z grafu je patrné, že největší položku nákladů tvoří spotřeba kyslíku.



Graf č. 5 – Rozložení jednotlivých nákladů Kjellberg Finsterwalde 280i



Graf č. 6 – Rozložení jednotlivých nákladů Hypertherm HPR260XD

Po tomto výpočtu a zhodnocení nákladů na 1m řezu je možné přistoupit k porovnání odlišných technologií řezání materiálu z pohledu provozních nákladů.

Pro porovnání nákladů na 1m řezu je potřeba spočítat náklady na tuto operaci při využití řezacího stroje Messer.

V případě srovnání cen je nutno brát v úvahu fakt, že řezací stroj Messer není vybaven odsávací a filtrační jednotkou. Provoz odsávání a následné filtrace zplodin se tedy neprojeví v nákladech na řez. Z důvodu absence odsávací a filtrační jednotky chybí v nákladech na provoz položka o výši 60Kč (60 Kč na jednu hodinu provozu).

Uvažovaná cena zemního plynu 13,53 Kč/m³. Díly kyslíkového hořáku nepodléhají zvýšenému opotřebení, nejsou tedy považovány za spotřební. [15]

Tab. č. 10 – Spotřeba tech. plynů řezacího stroje Messer

Řezací stroj Messer		
Plyn [-]	Spotřeba plynu [m3/h]	Cena plynu [Kč/m3]
Kyslík	2,8	119,54
Zemní plyn	1,7	13,53

Řezná rychlost v plechu S 235tloušťky 20 mm činí 510 mm/min. Hodinové mzdové náklady na obsluhu stroje činí 250 Kč.

Tab. č. 11 – Náklady na 1h. provozu řezacího stroje Messer

Náklady na 1h provozu řezacího stroje Messer	
Položka	Cena [Kč]
Kyslík	334,71
Zemní plyn	23,00
Obsluha	250,00
Celkem	607,71

Hodinový výkon řezu činí 30,6m ((60x510)/1000=30,6). Náklady na jeden metr řezu je opět možné vypočítat jako podíl řezného výkonu vztaženého k jedné hodině a celkovým nákladům na jednu hodinu provozu strojního zařízení.

Náklady na jeden metr řezu činí 19,86 Kč ((607,71/30,6)=19,86). V případě využití odsávacího a filtračního zařízení činí náklady na jeden metr řezu 21,82 Kč.

6 Návrh nové technologie řezání

Ze srovnání provozních nákladů dvou plazmových zdrojů a současného řezacího stroje Messer vychází příznivěji využití řezání plazmou. Pro řezání plazmou byli vybráni dva zástupci předních světových firem v tomto odvětví. Následným srovnáním plazmových zdrojů Hypertherm HPR260XD a Kjellberg Finsterwalde 280i Neo bylo zjištěno, že z hlediska nákladů je vhodnější využít plazmový zdroj Hypertherm HPR260XD. Z hlediska pořizovacích nákladů je tento stroj taktéž výhodnější. Pořizovací cena stroje Hypertherm HPR260XD činí 1 123 495 Kč oproti ceně stroje Kjellberg Finsterwalde 280i Neo, která činí 1 293 000 Kč. [12]



Obr. č. 9 – Plazmový zdroj Hypertherm HPR260XD

V rámci reorganizace pracoviště řezání tlustých plechů je navrženo následující zařízení. Plazmový zdroj Hypertherm HPR260XD osazen příslušným plazmovým hořákem uchyceným na rotační hlavě. Hořák pracující v trojosém řízení. Díky tomuto řízení je možné řezat úkosy sloužící k přípravě V, X a K svarů.

Mechanickou část stroje tvoří řezací stůl vybavený dvojicí pojízdných portálů. Parkovací poloha portálů je mimo pracovní plochu.

Jeden z portálů je vybaven již zmiňovaným plazmovým hořákem schopným nekonečné rotace a vyklopení v rozmezí 0-45° od svislé osy.

Pro jednoznačnou identifikaci výpalků je doporučeno využití značícího zařízení INKJET. Toto zařízení je uchyceno na příčniku portálu osazeného plazmovým hořákem.

Druhý portál osazen čtveřicí hořáků pro řezání kyslíkem a jedním trojhořákem pro řezání svarových hran. Maximální tloušťka řezu 200 mm.

Odsávací a filtrační jednotka využívající sekční odťah, kdy jsou spaliny odsávány jen z nejbližšího místa řezu. Předpokládaný odsávací výkon 15 000 m³/h.

Pokročilý řídicí systém splňující současné standardy.

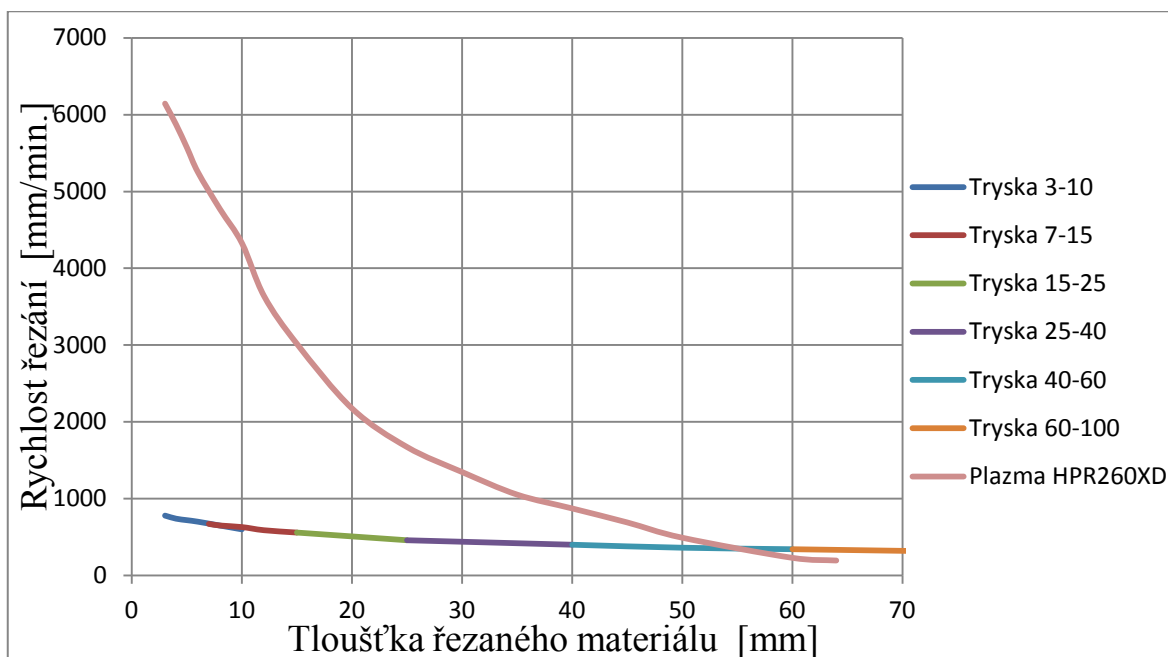


Obr. č. 10 – Řezací stůl Messer OmniMat využívající 2 portály

6.1 Posouzení nové technologie řezání

Nová technologie řezání materiálu dosahuje při řezání referenčního materiálu více než čtyřnásobku rychlosti řezání původního strojního zařízení.

Daná technologie splňuje předpoklady pro odstranění dodatečného obrábění svarových ploch.



Graf. č. 7 – srovnání rychlosti řezání

6.1.1 Technologický přínos nové technologie

Termické řezání kovů dosáhlo v posledních letech značného pokroku, především co se týče řezání plazmovým paprskem.

Využití nové technologie řezání tlustých plechů sebou přináší výhody v podobě zlepšené kvality řezu, čímž se odstraňuje následné dodatečné obrábění řezaných hran. Současné technologie řezání plazmovým paprskem, využívají paprskem plazmy, o vysoké hustotě. Životnost spotřebních dílů plazmového hořáku je však stále zvyšována díky efektivnímu vodnímu chlazení trysky a využití nových materiálů ke konstrukci elektrody.

Využití technologie řezání plazmou umožňuje provádět operace, které nebylo možné provádět současnou technologií. Plazmový zdroj Hypertherm HPR260XD umožňuje řezat do plechu díry o průměru rovnajícím se tloušťce daného materiálu.

Nová technologie taktéž umožňuje, že se oproti současnému řezání dosáhne lepší kolmosti řezných hran. Hrany jsou v případě řezání plazmovým paprskem ostré a tepelně ovlivněná oblast je oproti řezání kyslíkem menší. [16]

6.1.2 Ekonomické ukazatele přínosu nové technologie

Každá firma musí investovat do svého rozvoje, do rozvoje výrobní základny, dle výrobků, které jsou pro ni klíčové.

Z hlediska vedení účetnictví je možné rozdělit investice následovně:

- Hmotné
- Nehmotné
- Finanční

Důležitějším faktem je však členění investice dle jejího přínosu. V případě pořízení plazmového zdroje se jedná o investici rozvojovou. Toto zařízení je pořizováno nad rámec běžné obnovy strojního zařízení. Záměrem pořízení tohoto zařízení je snížení nákladů a zvýšení kvality výpalků. [17]

Investici do řezacího stolu je možné zařadit jako investici obnovovací. Bez této investice není možno zachovat ani stávající proces řezání plechu.

Přímý výpočet doby návratnosti investice vynaložené na změnu technologie řezání tlustých plechů není možné provést. V případě výrobního podniku Vítkovice Power Engineering a.s, je každá zakázka individuálním dílem nikoli sériovou výrobou. Podnikem poskytnuté informace o objemu zpracovávaného materiálu nevypovídají o délce řezu a tím případné přímé úspoře.

Z informací, které jsou získány předešlým vyčíslením nákladů na provoz jednotlivých technologií je možno vyčíslit finanční úspory vztažené k 1m řezu daného materiálu a finanční úspory vztažené k 1m přípravy svarové plochy.

Přímou finanční úsporou je taktéž možná redukce personálu, který obsluhuje v současné době čtveřici řezacích strojů.

Investice k pořízení plazmového zdroje a příslušného plazmového hořáku činí 1 123 495 Kč. V této částce je již započtena montáž, školení obsluhy a uvedení do provozu.

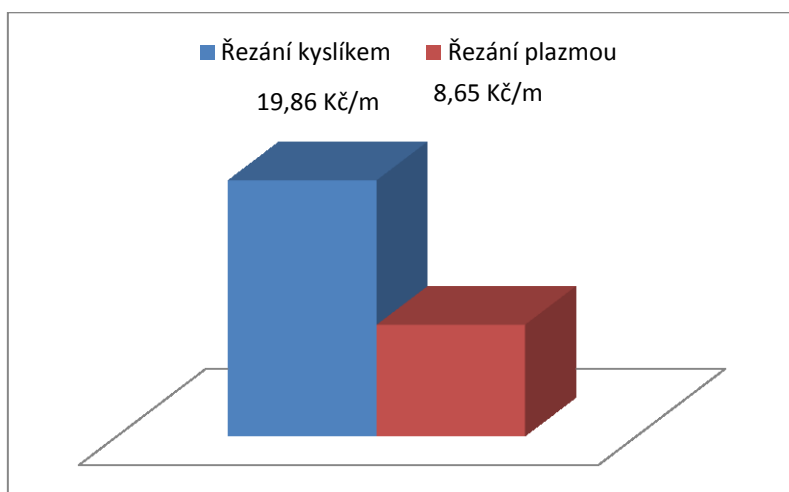
Celková investice do řezacího stolu vybaveného dvěma portály včetně řídicího systému, odsávacího a filtračního zařízení činí 22 500 000 Kč. Tuto částku však není možno vnímat jako částku vynaloženou do změny technologie řezání materiálu. Nahrazení současných dosluhujících řezacích strojů Messer je bezpodmínečně nutné, neboť je nutné zajistit kontinuitu výrobního procesu, což není s již letitými řezacími stroji možné z důvodu poruchovosti a špatné dostupnosti náhradních dílů.

Instalací nového řezacího stroje dojde k úspoře až 6 pracovních sil. Celkově se jedná o tři paliče, kteří pracují na řezacích strojích Messer, jednoho jeřábníka, rýsovače a hoblíře. Úspora rýsovače vyplývá z vybavení stroje značícím zařízením. Příprava svarové plochy bude zajištěna pomocí možnosti řezání úkosů. Úspora jednoho jeřábníka vyplývá z předpokladu snížené potřeby manipulace s materiálem.

Přímou úsporu vztaženou na 1 m řezu je možné vypočíst jako rozdíl ceny řezu původní technologií a technologií novou.

Cena 1 m řezu materiálu S 235tloušťky 20 mm činí:

- **19,86 Kč/m** při využití původní technologie - řezání kyslíkem
- **8,65 Kč/m** při využití nové technologie - řezání plazmou



Graf č. 8 – srovnání nákladů na 1 m řezu

Úspora nákladů na 1 m řezu vyjádřená procentuálně:

$$\left(1 - \left(\frac{\text{Cena řezu novou technologií}}{\text{Cena řezů původní technologií}} \right) \times 100 \right) = \text{Úspora vyjádřená v \%} \quad (2)$$

$$\left(1 - \left(\frac{8,65}{19,86} \right) \times 100 \right) = \mathbf{56,45\%}$$

Mezi náklady uspořené pořízením nové technologie je možné zahrnout náklady na operace hoblování a řezání svarových hran ručním strojkem. Tyto náklady byly společností vyčísleny na 4 500 000 Kč (při objemu materiálu cca 6 000 t/rok.).

Náklady uspořené díky nižšímu tepelnému ovlivnění materiálu a s ní související tepelné deformace 1 500 000 Kč.

Náklady spojené s úsporou 6 pracovních míst. Náklady na pracovníka činí ročně 250 000 Kč. Celková částka za 6 pracovníků činí 1 500 000 Kč.

Celkovou úsporu nákladů vyplývající z využití nové technologie bez vyčíslení hlavního přínosu této technologie, kterým je úspora nákladů 56,45% na 1m řezu je možné vypočíst jako součet výše uvedených nákladů spojených se současným procesem řezání. Tato částka činí 7 500 000 Kč.

Výpočet doby návratnosti:

$$TNp = \frac{\text{Náklady na investici}}{\text{Roční úspora nákladů}} \quad (3)$$

$$TNp = \frac{22\,500\,000 + 1\,123\,495}{7\,500\,000} = 3,15 \text{ let.}$$

7 Zhodnocení daného návrhu

Současná technologie řezání plechů je prováděna metodou řezání kyslíkem, řezání je prováděno na letitých řezacích strojích Messer. Jak bylo v této práci zjištěno je možné současnou metodu řezání tlustých plechů nahradit metodou novou a to řezáním plazmovým paprskem.

Pro řezání plazmovým paprskem byl vybrán z široké nabídky výrobců optimální plazmový zdroj. Plazmový zdroj Hypertherm HPR260XD přináší množství výhod. Jedná se především o možnost přípravy svarových ploch již při samotném řezání materiálu, které je v současnosti řešeno pomocí dodatečného třískového obrábění hrany.

Řezací rychlosti u referenčního materiálu S 235 tl. 20mm jsou díky nové technologii více než čtyřnásobné. Díky zvýšené rychlosti řezu nové technologie je možná i redukce počtu řezacích strojů na $\frac{1}{4}$. S případnou redukcí strojních zařízení přichází i redukce zastavěné výrobní plochy opět na $\frac{1}{4}$. Náklady na 1m řezu činí pouze 8,65 Kč oproti původním 19,86 Kč což představuje úsporu 56,45%.

Výhody vyplývající z možnosti přípravy svarové plochy již při samotném procesu řezání plechu spočívají v odstranění dodatečných nákladů na tuto operaci. Dalšími náklady, které je možno odstranit pomocí nového zařízení jsou náklady na personál v podobě rýsovače a hoblíře a jeřábíka. Tyto náklady byly společností vyčísleny na 7 500 000 Kč.

Celková investice do strojního zařízení včetně zaškolení obsluhy činí 26 123 495 Kč. Z této částky činí investice do nové technologie 1 123 495 Kč. Částku 25 000 000 Kč vynaloženou na pořízení řezacího stolu není možné vnímat jako částku vloženou do změny technologie řezání materiálu, neboť je nahrazení současných dosluhujících řezacích strojů Messer bezpodmínečně nutné.

Z dostupných informací, které byly poskytnuty firmou Vítkovice Power Engineering a.s, není možné určit délku a rozmanitost řezů. Z tohoto důvodu není možné vyčíslit ekonomický přínos zvýšené rychlosti řezání. Ovšem již při součtu nákladů, které vycházejí z výhod nové technologie je možné vypočítat dobu návratnosti celé investice. Tato doba činí 3,15 let.

8 Závěr

Využití nové technologie řezání tlustých plechů a to řezání pomocí plazmového paprsku se jeví jako krok správným směrem. Hlavní přínos této práce spočívá právě v nalezení optimálního plazmového zdroje z široké nabídky mnoha firem v daném odvětví. Díky vhodně zvolenému zdroji je pak možné uspořit u referenčního materiálu více než 50% nákladů na řez.

K řešení daného zadání je přistupováno komplexně, a tudíž je doporučeno využití kombinace technologií tepelného řezání materiálu. Právě daná kombinace pak pokryje kompletní rozsah tloušťek řezaných materiálů (od 3 do 200 mm).

Pro využití plazmového zdroje je navrženo využití dvouportálového řezacího stolu. Portály řezacího stolu by dále měly být doplněny o značící zařízení, díky kterému již není potřeba dalšího značení plechů, případně odměřování pro vyvrtávání děr a podobné aplikace. Přibližná cena řezacího stolu činí 25 000 000 Kč. Daná suma je orientační, k výběru řezacího stolu je nutné přistoupit právě jako k výběru plazmového zdroje. Z tohoto důvodu je vytvořen návrh technického zadání na dodávku strojního zařízení. Dané požadavky uvedené v tomto návrhu je pak možné konzultovat s dodavatelem a následně vyčíslit konkrétní cenu.

Přibližná doba návratu investice při investování do plazmového zdroje a řezacího stolu s filtrací činí 3,15 let. Tato doba však může být výrazně kratší. Výpočet však není možné provést bez kompletního rozboru délky a povahy řezných hran. Tyto materiály však nebyly firmou dodány. Dobu návratnosti je také možno zkrátit pomocí odprodeje již nepotřebných řezacích strojů Messer, nicméně z hlediska objektivnosti diplomové práce není možno spekulovat nad částkou utrženou díky odprodeji strojů.

9 Použité zdroje

- [1] KOLEKTIV AUTORŮ. *Technologie svařování a zařízení*. Ostrava, srpen 2001: 301. strana ISBN 80-85771-81-0
- [2] Tepelné dělení material, Ing. Tomáš Zmydlený, 2013 [online].
Dostupné z:< www.ulozto.cz>.
- [3] AWAC systémy dělení, 2014 [online].
Dostupné z:< <http://www.awac.cz/cz/2-Rezani-vodnim-paprskem-br-a-vyroba-dilu/1-Rezani-vodnim-paprskem/0/0>>.
- [4] *Vítkovický special*. Ostrava 2013, 54s.
- [5] Vítkovice Power Engineering, 2014 [online].
Dostupné z:< <http://www.vitkovicepower.cz/>>.
- [6] *Vnitropodniková informace firmy Vítkovice Power engineering*. Ostrava 2013
- [7] *Návod k obsluze řezacího stroje Messer Griesheim*. 80s.
- [8] *Návod k obsluze, hoblovka HHP 12*. 38s.
- [9] *Pierce control automation, nový řídicí system*. Ostrava 2014.6s.
- [10] ARC-H welding, HPR 260, 2013 [online].
Dostupné z:< http://www.archwelding.cz/hpr_260>.
- [11] *Kjellberg Finsterwalde NeoPierce control automation*, 2013.2s.
- [12] *Cenová nabídka firmy sestavená pro Vítkovice Power enginnering*. 2013. 3s
- [13] *Plasma-Jet DSH 1530 HPR260XD Plasmachneidanlage*,6s.
- [14] *Spotřeba vstupů poskytnutá na dotaz Vítkovice Power enginnering*. 2013. 1s

- [15] Přepočet ceny plynu z m³ na kWh, 2010 [online].
Dostupné z:< <http://www.cenyenergie.cz/prepocet-spotreby-plynu-z-m3-na-kwh/>>.
- [16] Zdokonalené řezání drobných tvarů plazmatem, 2012 [online].
Dostupné z:< <http://www.mmspektrum.com/clanek/zdokonalene-rezani-drobnych-tvaru-plazmatem.html>>.
- [17] Investice a jejich efektivita, 2014[online].
Dostupné z:< <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/investice-a-jejich-efektivita-2844.html>>.

10 Seznam příloh

Příloha A Návrh technického zadání na dodávku strojního zařízení